H.P.-15

Nat Resources
H.P. # 15

D

MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES

L'honorable PAUL-E. ALLARD
ministre

PAUL-EMILE AUGER
sous-ministre

AJUSTEMENT MATHÉMATIQUE D'UNE COURBE DE TARAGE PAR JUXTAPOSITION DE CUBIQUES

MÉTHODE DES POINTS PIVOTS

Robert Théoret, ing.

LEGISLATIVE LIBRARY OF ONTARIO
TORONTO
JUN 17 1969
RECEIVED

QUÉBEC
1968

PRIX: 50 CENTS

H.P.-15

MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DU QUÉBEC

L'honorable PAUL-E. ALLARD
ministre

PAUL-EMILE AUGER
sous-ministre

SERVICE DE L'HYDROMÉTRIE
C. PESANT, directeur

AJUSTEMENT MATHÉMATIQUE D'UNE COURBE DE TARAGE PAR JUXTAPOSITION DE CUBIQUES

MÉTHODE DES POINTS PIVOTS

Robert Theoret, ing.

QUÉBEC
1968

PRIX: 50 CENTS

TABLE DES MATIERES

		Page
1.-	INTRODUCTION.....	1
2.-	PRINCIPE DE LA METHODE PROPOSEE.....	2
3.-	CALCUL DES CUBIQUES.....	2
4.-	PROCESSUS D'AJUSTEMENT.....	6
5.-	DETERMINATION DES COORDONNEES DES POINTS PIVOTS.....	8
6.-	PROGRAMMATION.....	9
7.-	CONCLUSION.....	10
ANNEXE I -	PROGRAMME FORTRAN POUR L'AJUSTEMENT MATHEMATIQUE DE LA COURBE DE TARAGE..	13
ANNEXE II -	LISTE DES VARIABLES UTILISEES A L'INPUT ET A L'OUTPUT DU PROGRAMME.....	23
ANNEXE III-	RESULTATS D'EXEMPLES DE CALCUL.....	27

1. INTRODUCTION

Le problème de l'ajustement mathématique de la courbe de tarage (relation hauteur-débit) d'une station hydrométrique prend une importance considérable avec l'emploi de plus en plus répandu des calculatrices électroniques pour la réduction des données et l'exploitation des ressources hydriques. Nous entendons ici que les ordinateurs permettant de traiter un volume important de données en un temps relativement court, il s'avère possible d'établir des expressions mathématiques pouvant définir d'une façon adéquate la courbe de tarage.

Différents types d'équations servent actuellement à définir la relation hauteur-débit, entre autres celles de la forme:

$$Q = aH^2 + bH + C \qquad (1)$$

$$Q = a + b\,(H - H_o)^m \qquad (2)$$

Dans ces deux cas, la détermination des coefficients se fait souvent par la méthode des moindres carrés. Ces deux types d'équations ainsi que la méthode mentionnée ont leurs faiblesses. Par exemple, l'équation du type (1), qui implique un taux de changement de pente (courbure) constant, ne permet pas de traiter tous les cas rencontrés dans la nature.

Actuellement, le service de l'Hydrométrie utilise l'équation du type (2) pour le calcul des débits à quelques 200 stations de jaugeage. A cause de la méthode d'ajustement utilisée (moindres carrés), les courbes de tarage singulières (fortes variations de pente, courbures négatives, etc...) ne sont pas toujours satisfaisantes. La méthode des points pivots offre l'avantage d'établir une expression mathématique pouvant se prêter à toutes sortes de variations et non point de se limiter à une forme unique de la courbe de tarage.

2. PRINCIPE DE LA METHODE PROPOSEE

Supposons que l'on connaisse les coordonnées d'un certain nombre de points de la courbe de tarage, points que nous appellerons dorénavant "points pivots". Il est possible de calculer une série de courbes du 3e degré (cubiques) passant par ces points dont les pentes et les courbures varient de façon continue. Cette méthode est analogue à l'ajustement graphique d'une courbe au moyen d'un pistolet de dessinateur, les points pivots tenant lieu de pesées servant à maintenir le pistolet en place*.

3. CALCUL DES CUBIQUES

Soit l'équation générale d'une cubique passant par les points de coordonnées x_k , y_k et x_{k+1}, y_{k+1} :

$$y = a_{1,k}x^3 + a_{2,k}x^2 + a_{3,k}x + a_{4,k} \qquad (3)$$

Pour déterminer les valeurs des coefficients a_1, a_2, a_3 et a_4, il faut résoudre un système d'équations reliant entre eux ces coefficients. On obtient les deux premières équations en faisant passer la cubique par les points pivots d'ordre k et k+1. Au point k, $x = 0$ et on a:

$$y_k = a_{4,k} \qquad (4)$$

Au point $k+1$, $x = x_{k+1} - x_k = d_k$ et on obtient:

$$y_{k+1} = a_{1,k}d_k^3 + a_{2,k}d_k^2 + a_{3,k}d_k + a_{4,k} \qquad (5)$$

Les deux autres équations s'obtiennent en exprimant les courbures aux points pivots d'ordre k et $k+1$. En différenciant l'équation (3), on en arrive à:

---

* "Smooth Surface Interpolation" by Garrett Birkhoff and Henry L. Garabedian, Journal of Mathematics and Physics, Volume XXXIX, Number 4, December 1960.

$$\frac{dy}{dx} = 3a_{1,k}x^2 + 2a_{2,k}x + a_{3,k} \qquad (6)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 6a_{1,k}x + 2a_{2,k} \qquad (7)$$

En désignant par Z_k et Z_{k+1} les courbures aux points pivots d'ordre k et k+1, on peut écrire à partir de l'équation (7):

$$Z_k = 2a_{2,k} \qquad (8)$$

$$Z_{k+1} = 6a_{1,k}d_k + 2a_{2,k} \qquad (9)$$

Ainsi, le système recherché comprend les quatre équations linéaires (4), (5), (8) et (9) qui, en isolant les valeurs des coefficients, s'écrit:

$$\left.\begin{aligned} a_{1,k} &= \frac{Z_{k+1} - Z_k}{6d_k} \\ a_{2,k} &= \frac{Z_k}{2} \\ a_{3,k} &= \frac{y_{k+1} - y_k}{d_k} - \frac{d_k}{6}(Z_{k+1} + 2Z_k) \\ a_{4,k} &= y_k \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Nous évaluerons maintenant les courbures Z_k en posant comme condition qu'au point pivot d'ordre k les pentes de deux cubiques voisines sont identiques, assurant ainsi une continuité de pente. Cette égalité s'exprime par l'équation (6):

$$3a_{1,k-1}d_{k-1}^2 + 2a_{2,k-1}d_{k-1} + a_{3,k-1} = a_{3,k} \qquad (11)$$

où $d_{k-1} = x_k - x_{k-1}$

En remplaçant les coefficients a_1, a_2 et a_3 par leurs valeurs respectives, l'équation (11) devient après simplification:

$$Z_{k-1}\frac{d_{k-1}}{6} + Z_k\left(\frac{d_{k-1}+d_k}{3}\right) + Z_{k+1}\frac{d_k}{6} = \frac{y_{k+1}-y_k}{d_k} - \frac{y_k-y_{k-1}}{d_{k-1}} \quad (12)$$

Cette relation permet d'écrire m-2 équations aux m-2 points pivots intermédiaires, m étant le nombre de points pivots.

Pour obtenir les deux équations supplémentaires, il s'agit d'imposer des conditions aux limites, c'est-à-dire aux points pivots d'ordre 1 et m. Dépendant de celles-ci, la courbe de tarage en sera plus ou moins affectée, surtout dans le voisinage des valeurs extrêmes et dans les cas d'extrapolation. Parmi les différentes possibilités, mentionnons les suivantes:

a) les courbures aux points pivots extrêmes sont obtenues par extrapolation linéaire des courbures aux points voisins;
b) les courbures aux points pivots extrêmes sont égales à celles aux points voisins;
c) les extrémités sont libres, c'est-à-dire que les courbures sont égales à zéro;
d) extrapolation de la courbure au point pivot extrême supérieur et la courbure au point pivot inférieur est égale à celle au point voisin;
e) extrapolation de la courbure au point pivot supérieur et la courbure est nulle au point pivot inférieur.

En principe, n'importe laquelle de ces conditions peut être imposée aux extrémités. Toutes ces possibilités figurent dans nos essais et, après l'examen des résultats, une seule a retenu notre attention dans le cas particulier

des courbes de tarage: celle où les courbures aux points pivots extrêmes sont égales à celles aux points voisins. Les autres furent rejetées pour la raison suivante: il faut tenir compte des possibilités de courbures négatives dans les cas d'extrapolation et des extrémités libres. On peut pallier cet inconvénient en extrapolant suivant une ligne droite quand la courbure devient nulle.

Les deux équations additionnelles sont donc:

$$Z_1 = Z_2$$

et

$$Z_m = Z_{m-1}$$

qui, ajoutées aux m - 2 équations du système (12), permettent le calcul des courbures Z_k aux m points pivots. Sous forme matricielle, le système ainsi formé s'écrit de la façon suivante:

$$\begin{vmatrix} -p_2 & p_2 & 0 & 0 & \cdots & & \\ p_2 & 2(p_2+p_3) & p_3 & 0 & \cdots & & \\ 0 & \cdots & & & & & \\ \cdots & & & & & & \\ 0 & \cdots & p_{m-3} & 2(p_{m-3}+p_{m-2}) & p_{m-2} & & \\ 0 & \cdots & 0 & p_{m-2} & 2p_{m-2}+3p_{m-1} & & \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} Z_2 \\ Z_3 \\ \cdots \\ Z_{m-2} \\ Z_{m-1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} b_2 \\ b_3 \\ \cdots \\ b_{m-2} \\ b_{m-1} \end{vmatrix}$$

où $$p_k = \frac{d_k}{6}$$

et $$b_k = \frac{y_{k+1} - y_k}{d_k} - \frac{y_k - y_{k-1}}{d_{k-1}}$$

Connaissant les courbures Z_k, nous pouvons remplacer ces valeurs dans le système d'équations (10) et calculer ainsi les coefficients a_1, a_2, a_3 et a_4 des m - 1 tronçons. Notons

cependant que les deux tronçons extrêmes sont des quadratiques puisque nous avons posé $Z_1 = Z_2$ et $Z_m = Z_{m-1}$ et que par conséquent, $a_1 = 0$.

4. PROCESSUS D'AJUSTEMENT

A partir du choix initial des points pivots, on calcule une première série de cubiques et on ajuste la courbe. Cette opération s'effectue en modifiant de façon appropriée les débits et/ou les hauteurs aux points pivots en vue de minimiser un critère d'ajustement. Théoriquement, on peut imposer n'importe quel critère. Au cours des essais, nous avons essayé quatre critères seulement:

a) $$S = \sum_{i=1}^{n} \left| qc_i - q_i \right|$$

b) $$S = \sum_{i=1}^{n} (qc_i - q_i)^2$$

c) $$S = \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{qc_i - q_i}{qc_i} \right|$$

d) $$S = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{qc_i - q_i}{qc_i} \right)^2$$

où q_i représentent les débits mesurés
et qc_i les débits calculés.

Après l'examen des résultats basés sur le calcul des écarts moyen, quadratique et absolu, notre choix s'est arrêté sur le quatrième critère, la somme des carrés des écarts en pourcentage. Il semble que c'est dans ce cas que les écarts calculés sont minima. Le processus d'ajustement consiste à minimiser ce critère.

A partir de la première série de cubiques, on calcule une valeur initiale de S, soit S_o. Au point pivot d'ordre 2, modifions le débit d'un certain pas (facteur) f_o et définissons deux paramètres α et β tels que $\alpha > 1$ et $-1 < \beta < 0$*. Le premier ajustement s'effectue en calculant une nouvelle valeur de S, soit S_1, et en vérifiant si cette valeur diminue celle de S_o. Dans l'affirmative, on définit un nouveau pas:

$$f_1 = \alpha f_o$$

et l'ajustement se poursuit dans cette direction tant que $S_{i+1} < S_i$. Si, par contre, au cours de notre progression on rencontre $S_{i+1} > S_i$, l'ajustement est refusé et le nouveau pas devient:

$$f_{i+1} = \beta f_i$$

Le processus se poursuit jusqu'à ce que le pas, en valeur absolue, soit inférieur à un pas minimum f_{min} choisi au préalable. On ajuste ainsi les points pivots d'ordre 2 à m-1, les points 1 et m étant fixés pour des raisons expliquées plus loin. Le cycle d'ajustement peut être répété autant de fois que l'on veut.

Il reste maintenant à préciser les valeurs des paramètres α, β, f_o et f_{min}. La méthode proposée par H.H. Rosenbrock offre toute une gamme de combinaisons des valeurs α et β. Après avoir essayé différentes combinaisons (α variant de 1.5 à 3.0 par intervalle de 0.5 et β variant de -0.3 à -0.7 par intervalle de 0.1), on arrive à la conclusion que le nombre minimum d'itérations au cours du processus d'ajustement se produit pour des valeurs de α = 2.0 et

---

* "An Automatic Method for Finding the Greatest or Least Value of a Function" by H.H. Rosenbrock.

α = -0.3. Le pas initial est fixé à 0.01, les valeurs des débits aux points pivots étant connues à 3 ou 4% près. Au cours de l'ajustement d'un point, on ne trouve pratiquement plus de changement significatif de la valeur de S quand le pas est inférieur à 0.0002, de même que lorsque le cycle d'ajustement a été complété trois fois. Donc, pour résumer:

$$\alpha = 2.0$$

$$\beta = -0.3$$

$$f_o = 0.01$$

$$f_{min} = 0.0002$$

nombre de cycles: 3

5. DETERMINATION DES COORDONNEES DES POINTS PIVOTS

Jusqu'ici, on a supposé que les points pivots sont connus. Il s'agit maintenant de préciser la façon d'obtenir ces points.

Des méthodes telles que distribution linéaire, logarithmique ou sinusoïdale des hauteurs aux points pivots ont été jugées trop théoriques. Chaque courbe de tarage étant un cas particulier, notre expérience montre que le choix optimum des points pivots s'obtient en considérant des groupes de jaugeages dans le nuage de points hauteur-débit. On détermine ainsi m-2 points pivots intermédiaires au milieu de ces groupes de jaugeages. Bien qu'en principe on puisse choisir autant de points pivots que l'on veut, un maximum de dix semble suffisant pour couvrir tous les cas de courbes singulières.

Comme chacun le sait, les courbes de tarage sont souvent mal définies dans les régions inférieures et supé-

rieures. On a donc intérêt à choisir les points extrêmes hors des limites observées de la courbe et à forcer celle-ci à passer par ces points. C'est la raison pour laquelle ces deux points sont fixes au cours du processus d'ajustement.

Le point pivot d'ordre m, à l'extrémité supérieure, peut être déterminé de trois façons: par extrapolation quadratique des jaugeages dans le haut de la courbe, par les délaissés de crues ou par la méthode aire-vitesse.

Le point pivot d'ordre 1, à l'extrémité inférieure, peut être fixé d'après le débit spécifique minimum du bassin versant ou le point bas du contrôle correspondant à un débit nul.

6. PROGRAMMATION

Le programme pour l'ajustement mathématique de la courbe de tarage, présenté en annexe I, est disponible en langage FORTRAN du système d'exploitation 360 pour exécution sur ordinateur I.B.M. 360-40 comprenant 131,072 positions de mémoire. Tel qu'écrit, le programme utilise seulement 28,247 positions. On retrouvera en annexe II les variables utilisées à l'"input" et à l'"output". L'annexe III montre les résultats de quelques exemples de calculs dont nous allons résumer les grandes lignes.

Au début du tableau de convergence, on imprime les hauteurs, débits et courbures aux points pivots ainsi que S_o, la valeur initiale du critère d'ajustement. On imprime ensuite le tableau de convergence proprement dit qui comprend: le rang du cycle d'ajustement, le rang du point pivot ajusté, le nombre d'itérations cumulatif pour atteindre f_{min}, la dernière valeur de S_o acceptée, le débit ajusté et les courbures

aux points pivots. Les valeurs finales sont ensuites imprimées au bas du tableau.

Une fois le processus de convergence complété, on présente pour chaque jaugeage: le numéro, la hauteur d'eau, les débits calculés et mesurés, les écarts absclu et relatif. On imprime également, pour la série des n jaugeages, les écarts moyen, quadratique et absolu ainsi que la moyenne des écarts absolus. On y trouve finalement le nombre d'écarts négatifs, positifs et de séries d'écarts de même signe. Les jaugeages étant classés par ordre chronologique, cette dernière information est souvent fort utile pour déceler des changements, avec le temps, de la courbe de tarage.

Le troisième tableau est semblable au précédent, mais les résultats y sont classés par ordre croissant des hauteurs d'eau. L'examen du nombre de séries d'écarts de même signe est un contrôle additionnel de la qualité de l'ajustement. Il permet de déceler tout groupement de jaugeages ayant des écarts de même signe.

A la fin, on imprime le barème hauteur-débit calculé à tous les dixièmes de pied.

7. CONCLUSION

Ce qui distingue cette méthode de celle de l'ajustement graphique, c'est son caractère d'objectivité. Une fois que la procédure d'ajustement a été décidée, le seul facteur humain qui subsiste est le choix des hauteurs aux points pivots. Bien que le processus d'ajustement permette la modification de ces derniers, seule l'expérience avec une station de jaugeage particulière nous amènera à la détermination optimum des points pivots.

Parmi les autres avantages de cette méthode, on remarque la souplesse de la forme analytique de la relation hauteur-débit. La courbure et la pente variant de façon continue, il est possible de traiter avec suffisamment de précision les cas singuliers de la courbe de tarage. De plus, la juxtaposition de tronçons de cubiques ne limite pas la courbe à une forme unique.

Dans l'application de la méthode des points pivots, on peut dire que l'ajustement est comparable dans toutes les parties de la courbe de tarage. On entend par là que, les points pivots étant déplacés un à un, l'ajustement dans les régions de fort débit ne se fait pas au détriment de la partie inférieure de la courbe et vice versa. Il y a également possibilité d'utiliser presque n'importe quel critère d'ajustement.

ANNEXE I

```
C       PROGRAMME NUMERO CH-02-12
C       AJUSTEMENT D'UNE COURBE DE TARAGE PAR JUXTAPOSITION DE CUBIQUES
        COMMON JSTA,IMAX,NPI,HT1,HT2,JPAGE,SECAM
        COMMON ANOM(37),DATE(4),HP(10),QP(10),JAU(200),H(200),Q(200)
        COMMON PZ(10),PC(4,9)
        DOUBLE PRECISION SECAM,SECAA
      1 FORMAT(4A4)
      2 FORMAT(I6,37A2)
      3 FORMAT('1AJUSTEMENT DE LA COURBE DE TARAGE',T100,4A4,T125,'PAGE',I
     13/'0',37A2,T110,'STATION NUMERO',I7)
     44 FORMAT(I6,12F6.2,I2)
      4 FORMAT(I6,3X,10E6.4,10X,I1)
      5 FORMAT('1'37A2,T110,'STATION NUMERO'I7,/' CARTE CONTROLE MAUVAISE
     1STATION')
      6 FORMAT(I6)
      7 FORMAT(I6,I4,6X,F6.2,25X,F8.2)
      8 FORMAT('1'37A2,T110,'STATION NUMERO'I7,/' JAUGEAGE NUMERO'I7,' MAU
     1VAISE STATION')
      9 FORMAT('1'37A2,T110,'STATION NUMERO'I7,/' JAUGEAGE NUMERO'I7,' DEB
     1IT ZERO OU NEGATIF')
     10 FORMAT(I5,F15.3,2X,9F11.1,F10.1)
     11 FORMAT('ONOMBRE DE JAUGEAGES='I4,12X,'NOMBRE DE POINTS PIVOTS='I3)
     12 FORMAT('0  IT'7X,'ECART'37X,'DEBITS ET COURBURES AUX POINTS PIVOTS
     1'///22X,9F11.2,F10.2)
     19 FORMAT(1H )
     20 FORMAT('0HAUTEUR    '10F12.2)
     24 FORMAT('0DEBIT      '10E12.5)
     26 FORMAT(22X,9F11.1,F10.1)
     27 FORMAT('0COURBURE   '10E12.5)
     28 FORMAT('0'8X,'IT'8X,'ECART'9X,'DEBIT'31X,'COURBURES'/)
     29 FORMAT(2I3,I5,F13.1,F14.1,10F9.1)
        READ(1,1)DATE
   1000 READ(1,2)JSTA,ANOM
        JPAGE=1
        IF(JSTA)101,999,101
    999 STOP
    101 READ(1,44)JST,HT1,HT2,HP,NPI
        IF(JST-JSTA)993,998,993
    998 READ(1,4)JST,QP,IT
        IF(JST-JSTA)993,100,993
    993 WRITE(3,5)ANOM,JSTA
    994 READ(1,6)JST
        IF(JST)994,1000,994
    100 I=0
C       LECTURE,CONTROLE ET MISE EN MEMOIRE DES DONNEES
    102 READ(1,7)JST,JAUR,HR,QR
        IF(JST)103,200,103
    103 IF(JST-JSTA)104,105,104
    104 WRITE(3,8)ANOM,JSTA,JAUR
        GO TO 102
    105 IF(QR)106,106,107
    106 WRITE(3,9)ANOM,JSTA,JAUR
        GO TO 102
    107 I=I+1
```

FORTMAIN

```
      JAU(I)=JAUR
      H(I)=HR
      Q(I)=QR
      GO TO 102
  200 IMAX=I
      M=NPI-1
      CALL PARAMS
      CALL ECART
      WRITE(3,3)DATE,JPAGE,ANOM,JSTA
      WRITE(3,11)IMAX,NPI
      WRITE(3,12)(HP(K),K=1,NPI)
      WRITE(3,19)
      WRITE(3,10)IT,SECAM,(QP(K),K=1,NPI)
      WRITE(3,26)(PZ(K),K=1,NPI)
      IF(IT)700,303,700
  303 SECAA=SECAM
      WRITE(3,28)
      DO 400 JJ=1,3
      WRITE(3,19)
      DO 400 K=2,M
      PAS=0.01
  405 QP(K)=QP(K)*(1.+PAS)
      IT=IT+1
      CALL PARAMS
      CALL ECART
      IF(SECAM-SECAA)403,403,404
  403 SECAA=SECAM
      PAS=PAS*2.
      GO TO 405
  404 QP(K)=QP(K)/(1.+PAS)
      PAS=-0.3*PAS
      IF(IT-1000)406,407,407
  406 IF(ABS(PAS)-0.0002)400,400,405
  400 WRITE(3,29)JJ,K,IT,SECAA,QP(K),(PZ(L),L=1,NPI)
  407 WRITE(3,19)
      WRITE(3,20)(HP(K),K=1,NPI)
      WRITE(3,24)(QP(K),K=1,NPI)
      WRITE(3,27)(PZ(K),K=1,NPI)
  700 CALL RESULT
      GO TO 1000
      END
```

```
      SUBROUTINE PARAMS
C     CALCUL DES PARAMETRES
      COMMON JSTA,IMAX,M,HT1,HT2,JPAGE,SECAM
      COMMON ANOM(37),DATE(4),HP(10),QP(10),JAU(200),H(200),Q(200)
      COMMON Z(10),PC(4,9)
      DIMENSION PD(9),P(9),PE(9),B(9),A(10,2)
      DOUBLE PRECISION SECAM
      MM=M-1
      DO 1 K=1,MM
      PD(K)=HP(K+1)-HP(K)
      P(K)=PD(K)/6.
    1 PE(K)=(QP(K+1)-QP(K))/PD(K)
      DO 2 K=2,MM
    2 B(K)=PE(K)-PE(K-1)
      A(1,1)=-1.
      A(1,2)=0.
      A(2,2)=P(2)-P(1)*A(1,2)
      A(2,1)=2.*(P(1)+P(2))-P(1)*A(1,1)
      A(2,2)=A(2,2)/A(2,1)
      B(2)=B(2)/A(2,1)
      DO 4 K=3,MM
      A(K,1)=2.*(P(K-1)+P(K))-P(K-1)*A(K-1,2)
      B(K)=(B(K)-P(K-1)*B(K-1))/A(K,1)
    4 A(K,2)=P(K)/A(K,1)
      Z(M)=B(M-1)/(A(M-1,2)+1.)
      Z(M-1)=Z(M)
      MN=M-2
      DO 6 I=2,MN
      K=M-I
    6 Z(K)=B(K)-A(K,2)*Z(K+1)
      Z(1)=Z(2)
      DO 3 K=1,MM
      PC(1,K)=(Z(K+1)-Z(K))/(6.*PD(K))
      PC(2,K)=Z(K)/2.
      PC(3,K)=PE(K)-P(K)*(Z(K+1)+2.*Z(K))
    3 PC(4,K)=QP(K)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE ECART
C     CALCUL DE L'ECART ABSOLU MOYEN
      COMMON JSTA,IMAX,NPI,HT1,HT2,JPAGE,SECAB
      COMMON ANOM(37),DATE(4),HP(10),QP(10),JAU(200),H(200),Q(200)
      COMMON PZ(10),PC(4,9)
      DOUBLE PRECISION SECAB,QINT,DELP
      M=NPI-1
      SECAB=0.
      DO 300 I=1,IMAX
      HINT=H(I)
      K=1
  304 H1=HP(K+1)-HINT
      IF(H1)302,301,301
  302 K=K+1
      IF(K-M)304,301,301
  301 H2=HINT-HP(K)
      QINT=PC(1,K)
      DO 305 L=1,3
  305 QINT=H2*QINT+PC(L+1,K)
      DELP=(Q(I)-QINT)/QINT*100.
  300 SECAB=SECAB+DABS(DELP*DELP)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE RESULT
C     CALCUL ET IMPRESSION DU TABLEAU DES DEBITS CALCULES ET DES ECARTS
      COMMON JSTA,IMAX,NPI,HT1,HT2,JPAGE,SECAM
      COMMON ANOM(37),DATE(4),HP(10),QP(10),JAU(200),H(200),Q(200)
      COMMON PZ(10),PC(4,9)
      DIMENSION QB(10),QBENT(10),QE(200)
      DOUBLE PRECISION SECAM
    3 FORMAT('1AJUSTEMENT DE LA COURBE DE TARAGE',T100,4A4,T125,'PAGE',I
     13/'0',37A2,T110,'STATION NUMERO',I7)
   11 FORMAT('ONOMBRE DE JAUGEAGES='I4,12X,'NOMBRE DE POINTS PIVOTS='I3)
   13 FORMAT(78HO NO      NIVEAU      DEBIT CALCULE     DEBIT MESURE      EC
     1ART       ECART EN PRC.,/)
   14 FORMAT(I4,F11.2,2F16.2,F13.2,2PF14.2)
   15 FORMAT('0ECART MOYEN=',2PF6.2,5X,'QUADRATIQUE=',F6.2,5X,'ABSOLU=',
     1F6.2,' (POURCENTAGE)',5X,'MOYENNE DES ECARTS=',0PF7.2)
   16 FORMAT(49HO NO      NIVEAU       DEBIT MESURE    ECART EN PRC./)
   17 FORMAT(36HOBAREME NIVEAU-DEBIT ENTRE LES COTESF8.2,3H ETF8.2//10X,
     110F12.1//)
   18 FORMAT(F12.0,10F12.1)
   19 FORMAT(' ')
   21 FORMAT(I4,F11.2,F16.2,2PF14.2)
   23 FORMAT(F15.2,F16.2)
   25 FORMAT(25HONOMBRE D'ECARTS NEGATIFS,I3,5X,8HPOSITIFS,I3,5X,6HSERIE
     1S,I3)
      JPAGE=JPAGE+1
      WRITE(3,3)DATE,JPAGE,ANOM,JSTA
      WRITE(3,11)IMAX,NPI
      WRITE(3,13)
      SECAB=0.
      M=NPI-1
      FN=IMAX
      MM=NPI+1
      SOME=0.
      NEGA=0
      NRUN=1
      SECQU=0.
      SEC=0.
      LIG=0
      DO 710 I=1,IMAX
      HINT=H(I)
      K=1
  703 H1=HP(K+1)-HINT
      IF(H1)702,701,701
  702 K=K+1
      IF(K-M)703,701,701
  701 H2=HINT-HP(K)
      QC=PC(1,K)
      DO 705 L=1,3
  705 QC=H2*QC+PC(L+1,K)
      E=Q(I)-QC
      EP=E/QC
      SECAB=SECAB+ABS(EP)
      SECQU=SECQU+EP*EP
      SEC=SEC+EP
```

```
                    RESULT
      SOME=SOME+E
      WRITE(3,14)JAU(I),HINT,QC,Q(I),E,EP
      QE(I)=EP
      IF(EP)706,706,707
  706 NEGA=NEGA+1
  707 IF(I-2)711,712,712
  712 IF(QE(I-1))713,713,714
  713 IF(EP)711,711,715
  714 IF(EP)715,715,711
  715 NRUN=NRUN+1
  711 LIG=LIG+1
      IF(LIG-45)710,710,704
  704 JPAGE=JPAGE+1
      LIG=0
      WRITE(3,3)DATE,JPAGE,ANOM,JSTA
      WRITE(3,11)IMAX,NPI
      WRITE(3,13)
  710 CONTINUE
      SECAM=SECAB/FN
      SECQU=SQRT(SECQU/FN)
      SEC=SEC/FN
      SOME=SOME/FN
      WRITE(3,15)SEC,SECQU,SECAM,SOME
      NPOS=IMAX-NEGA
      WRITE(3,25)NEGA,NPOS,NRUN
C     CLASSEMENT DES RESULTATS PAR ORDRE DES NIVEAUX CROISSANTS
      I1=IMAX-1
      DO 720 I=1,I1
      I2=I+1
      DO 720 J=I2,IMAX
      IF(H(I)-H(J))720,720,721
  721 TEMP1=H(I)
      TEMP2=Q(I)
      TEMP3=JAU(I)
      TEMP4=QE(I)
      H(I)=H(J)
      H(J)=TEMP1
      Q(I)=Q(J)
      Q(J)=TEMP2
      JAU(I)=JAU(J)
      JAU(J)=TEMP3
      QE(I)=QE(J)
      QE(J)=TEMP4
  720 CONTINUE
      JPAGE=JPAGE+1
      LIG=0
      WRITE(3,3)DATE,JPAGE,ANOM,JSTA
      WRITE(3,11)IMAX,NPI
      WRITE(3,16)
      NRUN=1
      K=1
      DO 730 I=1,IMAX
      IF(I-2)726,722,722
  722 IF(QE(I-1))723,723,724
  723 IF(QE(I))726,726,725
```

```
                        RESULT
  724 IF(GE(I))725,725,726
  725 NRUN=NRUN+1
  726 IF(K-MM)734,733,733
  734 IF(MP(K)-M(I))732,732,733
  732 WRITE(3,23)MP(K),QP(K)
      LIG=LIG+1
      K=K+1
      IF(K-MM)798,733,733
  798 IF(MP(K)-M(I))732,732,733
  733 WRITE(3,21)JAU(I),M(I),J(I),QE(I)
      LIG=LIG+1
      IF(LIG-55)730,730,731
  731 JPAGE=JPAGE+1
      WRITE(3,3)DATE,JPAGE,ANUM,JSTA
      WRITE(3,11)IMAX,NPI
      WRITE(3,16)
      LIG=0
  730 CONTINUE
  799 IF(K-MM)735,736,736
  735 WRITE(3,23)MP(K),QP(K)
      K=K+1
      GO TO 799
  736 WRITE(3,25)NEGA,NPOS,NRUN
C     CALCUL ET IMPRESSION DU BAREME NIVEAU
      DO 742 I=1,10
      MC=I-1
  742 QUENT(I)=MC+0.1
      JPAGE=JPAGE+1
      WRITE(3,3)DATE,JPAGE,ANUM,JSTA
      WRITE(3,17)MT1,MT2,QUENT
      J1=MT1
      J2=MT2-0.01
      K=1
      LIG=0
      DO 740 J=J1,J2
      MC1=J
      DO 754 I=1,10
      MC=I-1
      MC=MC1+MC+0.1
      IF(K-M)752,751,751
  753 M1=MP(K+1)-MC
      IF(M1)752,751,751
  752 K=K+1
  751 MZ=MC-MP(K)
      QE(I)=PC(I,K)
      DO 754 L=1,3
  754 QE(I)=MZ*QE(I)+PC(L+1,K)
      WRITE(3,18)MC1,QE
      IF(MOD(J,5))740,741,740
  741 WRITE(3,15)
      LIG=LIG+1
      IF(LIG-8)740,743,743
  743 LIG=0
      JPAGE=JPAGE+1
      WRITE(3,3)DATE,JPAGE,ANUM,JSTA
```

```
                    RESULT
      WRITE(3,17)HT1,HT2,PBLNT
740   CONTINUE
      RETURN
      END
```

ANNEXE II

LISTE DES VARIABLES UTILISEES A L'INPUT ET A L'OUTPUT DU PROGRAMME

ANOM - localisation de la station

DATE - date d'exécution du programme

E - écart entre le débit mesuré et le débit calculé

EP - écart en pourcentage entre le débit mesuré et le débit calculé

H, HINT, HR - hauteur d'eau (jaugeage)

HC1 et QBENT - cote du barème hauteur-débit

HP - hauteurs aux points pivots

HT1 - limite inférieure du barème hauteur-débit

HT2 - limite supérieure du barème hauteur-débit

IMAX - nombre de jaugeages

IT - . option de calcul (input)
. nombre cumulatif d'iterations (output)

JAU, JAUR - numéro de jaugeage

JJ - rang du cycle d'ajustement

JPAGE - numéro de page des résultats

JST, JSTA numéro de la station

K - rang du point pivot ajusté

NEGA - nombre d'écarts négatifs

NPOS - nombre d'écarts positifs

NPI - nombre de points pivots

NRUN - nombre de séries d'écarts de même signe

PZ - courbures aux points pivots

Q, QR - débits mesurés (jaugeages)

QB - débits du barème hauteur-débit

QC - débit calculé

QE - écart en pourcent entre le débit calculé et le débit mesuré

QP - débits aux points pivots

SEC - écart moyen (pourcentage)

SECAA - valeur (S_i) du critère d'ajustement

SECAM - . valeur initiale S_o du critère d'ajustement
. écart absolu (pourcentage)

SECQU - écart quadratique

SOME - moyenne des écarts

ANNEXE III

AU TONNERRE A 0.4 MI. EN AMONT DU PONT-ROUTE STATION NUMERO 73301

NOMBRE DE JAUGEAGES= 43 NOMBRE DE POINTS PIVOTS= 7

II	ECART	DEBITS ET COURBURES AUX POINTS PIVOTS						
		86.20	88.25	90.25	91.25	92.30	93.00	98.00
	1165.439	62.0	140.0	400.0	800.0	1600.0	2600.0	11390.0
		8.2	8.2	234.1	199.0	1068.1	74.9	74.9

	IT	ECART	DEBIT	COURBURES					
1	13	1080.1	142.9	6.1	6.1	230.3	198.4	1068.8	74.9	74.9
1	20	996.8	407.1	11.2	11.2	221.2	213.9	1063.6	75.1	75.1
1	36	983.0	806.7	8.6	8.6	234.4	184.5	1084.4	74.2	74.2
1	51	925.2	1634.3	12.1	12.1	216.5	231.9	911.1	99.3	99.3
1	63	870.6	2539.2	13.7	13.7	208.2	323.6	739.2	142.8	142.8
2	64	840.3	146.0	11.5	11.5	210.5	328.4	737.7	143.2	143.2
2	91	840.2	406.7	11.3	11.3	211.0	328.0	737.8	143.2	143.2
2	101	832.8	811.0	9.8	9.8	218.4	311.5	749.4	142.7	142.7
2	117	829.8	1642.2	10.4	10.4	215.5	329.9	714.9	147.8	147.8
2	127	828.1	2529.2	10.8	10.8	213.5	340.9	679.0	156.4	156.4
3	135	827.8	145.7	10.9	10.9	213.5	340.2	681.8	155.7	155.7
3	142	827.8	406.9	11.2	11.2	212.8	340.8	681.6	155.7	155.7
3	152	824.7	814.0	10.1	10.1	217.9	329.8	689.3	155.4	155.4
3	157	824.6	1643.7	10.1	10.1	218.1	330.2	687.2	155.8	155.8
3	164	824.5	2527.1	10.2	10.2	217.5	333.6	679.2	157.3	157.3

HAUTEUR	86.20	88.25	90.25	91.25	92.30	93.00	98.00
DEBIT	0.62000E 02	0.14568E 03	0.40688E 03	0.81400E 03	0.16437E 04	0.25271E 04	0.11390E 05
COURBURE	0.10212E 02	0.10212E 02	0.21752E 03	0.33360E 03	0.67926E 03	0.15732E 03	0.15732E 03

AU TONNERRE A 0.4 MI. EN AMONT DU PONT-ROUTE STATION NUMERO 73301

NOMBRE DE JAUGEAGES= 43 NOMBRE DE POINTS PIVOTS= 7

NO	NIVEAU	DEBIT CALCULE	DEBIT MESURE	ECART	ECART EN PRC.
5	90.11	369.90	374.00	4.10	1.11
6	91.35	871.18	853.00	-18.18	-2.09
7	93.12	2694.54	2613.00	-81.54	-3.03
8	93.36	2977.28	2966.00	-11.28	-0.38
9	92.26	1600.80	1581.00	-19.80	-1.24
10	92.90	2390.92	2335.00	-55.92	-2.34
11	90.22	398.60	403.00	4.40	1.10
12	90.03	350.57	337.00	-13.57	-3.87
13	91.80	1178.59	1116.00	-62.59	-5.31
14	87.60	114.50	112.00	-2.50	-2.18
15	87.60	114.50	116.00	1.50	1.31
16	92.77	2216.39	2133.00	-83.39	-3.76
20	89.55	256.93	262.00	3.07	1.19
23	90.32	490.52	456.00	-34.52	-7.04
24	90.66	518.68	529.00	10.32	1.99
25	93.28	2920.24	2789.00	-131.24	-4.49
30	90.27	412.50	417.00	4.50	1.09
31	92.34	1687.70	1544.00	-143.70	-8.51
32	92.34	1687.70	1656.00	-31.70	-1.88
33	92.42	1778.75	1748.00	-30.75	-1.73
36	92.42	1778.75	1809.00	30.25	1.70
37	90.58	511.49	503.00	-8.49	-1.66
38	90.98	676.04	701.00	24.96	3.69
41	86.70	78.45	81.00	2.55	3.25
42	87.20	99.91	95.00	-4.91	-4.91
46	94.66	5033.98	4926.00	-107.98	-2.15
47	90.30	421.10	405.00	-16.10	-3.82
48	89.95	332.49	333.00	0.51	0.15
52	89.16	209.59	224.00	14.41	6.87
53	90.86	621.93	602.00	-19.93	-3.21
57	92.13	1468.58	1442.00	-26.58	-1.81
58	91.08	724.44	750.00	25.56	3.53
59	90.17	385.24	403.00	17.76	4.61
63	92.67	2350.24	2294.00	-56.24	-2.39
64	90.65	537.12	541.00	3.88	0.72
67	89.87	315.61	315.00	-0.61	-0.19
68	92.39	1744.14	1767.84	23.70	1.36
70	91.34	865.30	927.80	62.50	7.22
71	89.92	326.02	302.66	-23.36	-7.17
74	92.85	2323.23	2606.80	283.57	12.21
75	91.21	792.08	826.20	34.12	4.31
76	91.21	792.08	804.30	12.22	1.54
77	92.70	2124.62	2369.70	245.08	11.54

ECART MOYEN= -0.11 ECART-TYPE= 4.38 ABSOLU= 3.39 (POURCENTAGE) MOYENNE DES ECARTS= -4.09

NOMBRE D'ECARTS NEGATIFS 23 POSITIFS 20 SERIES 25

AU TONNERRE A 0.4 MI. EN AMONT DU PONT-ROUTE STATION NUMERO 73301

NOMBRE DE JAUGEAGES= 43 NOMBRE DE POINTS PIVOTS= 7

NO	NIVEAU	DEBIT MESURE	ECART EN PRC.
	86.26	62.00	
41	86.70	81.00	3.25
42	87.26	95.00	-4.91
14	87.66	112.00	-2.18
15	87.80	116.00	1.31
	88.25	145.68	
32	89.10	224.00	6.87
20	89.55	262.00	1.19
10	89.87	315.00	-0.19
31	89.92	302.66	-7.17
40	89.95	333.00	0.15
16	90.03	337.00	-3.87
9	90.11	374.00	1.11
33	90.17	403.00	4.01
11	90.22	403.00	1.10
	90.25	400.88	
36	90.27	417.00	1.09
47	90.30	405.00	-3.82
23	90.32	456.00	-7.04
37	90.58	503.00	-1.66
24	90.60	529.00	1.99
29	90.65	541.00	0.72
35	90.66	602.00	-3.21
38	90.58	701.00	3.69
26	91.08	750.00	3.53
12	91.21	826.20	4.31
7	91.21	804.30	1.54
	91.25	814.00	
30	91.34	927.80	7.22
6	91.35	853.00	-2.09
13	91.80	1116.00	-5.31
27	92.15	1442.00	-1.81
5	92.28	1581.00	-1.24
	92.30	1643.70	
34	92.34	1636.00	-1.88
21	92.34	1544.00	-8.51
49	92.39	1767.84	1.36
22	92.42	1748.00	-1.73
28	92.42	1809.00	1.70
17	92.70	2369.70	11.54
18	92.77	2133.00	-3.76
19	92.85	2606.80	12.21
43	92.87	2294.00	-2.39
25	92.90	2335.00	-2.34
	93.00	2527.11	
1	93.12	2613.00	-3.03

AU TONNERRE A 0.4 MI. EN AMONT DU PONT-ROUTE STATION NUMERO 73301

NOMBRE DE JAUGEAGES= 43 NOMBRE DE POINTS PIVOTS= 7

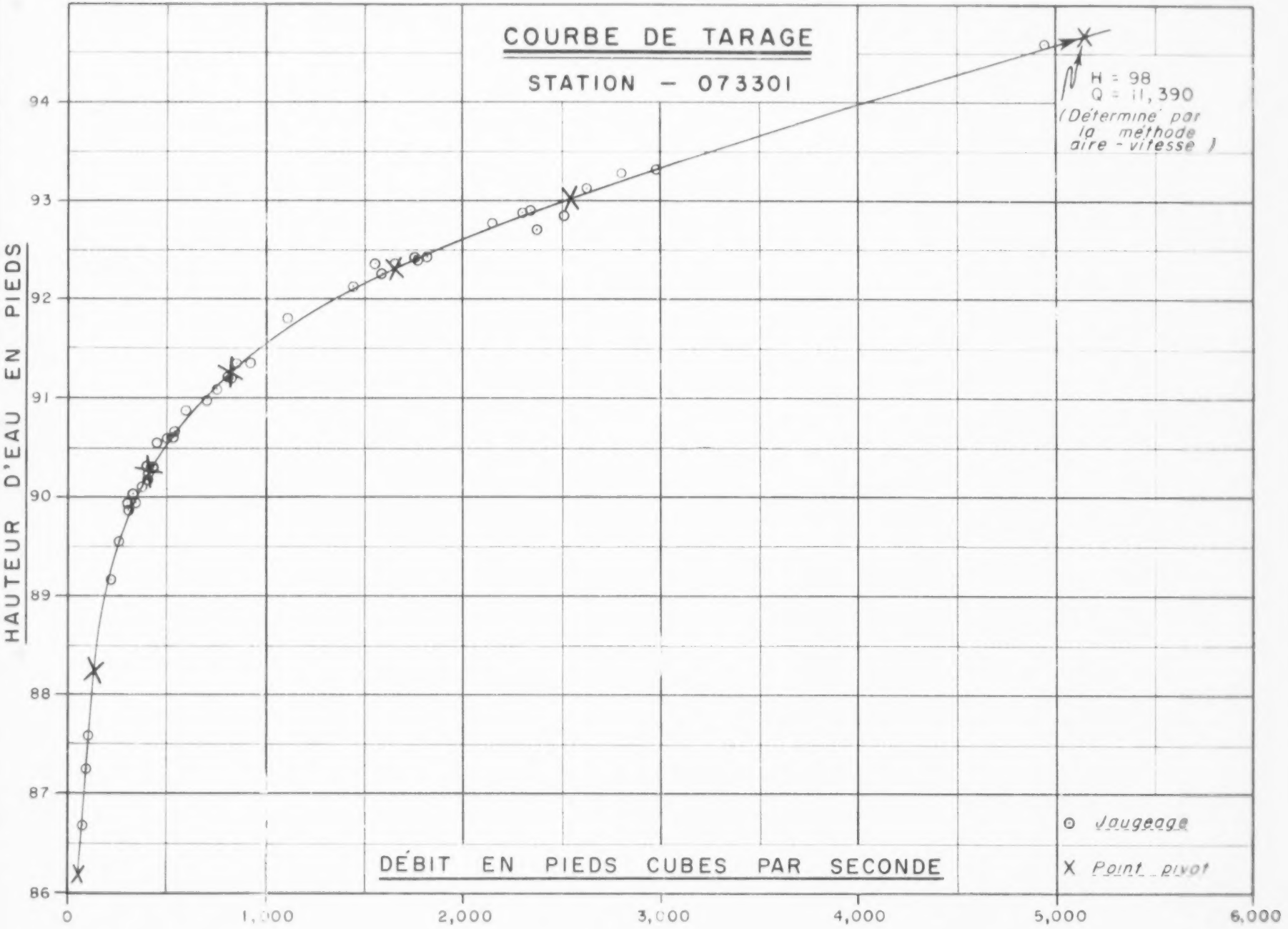
No	NIVEAU	DEBIT MESURE	ECART EN PRC.
28	93.26	2789.00	-4.49
6	93.32	2966.00	-0.38
46	94.66	4926.00	-2.15
	98.00	11390.00	

NOMBRE D'ECARTS NEGATIFS 23 POSITIFS 20 SERIES 18

AU TONNERRE A 0.4 MI. EN AMONT DU PONT-ROUTE STATION NUMERO 73301

BAREME NIVEAU-DEBIT ENTRE LES COTES 86.00 ET 104.00

	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
86.	56.1	59.0	62.0	65.1	68.3	71.6	75.0	78.5	82.0	85.7
87.	89.5	93.5	97.5	101.6	105.8	110.1	114.5	119.0	123.6	128.4
88.	133.2	138.1	143.1	148.3	153.5	159.1	165.0	171.4	178.3	185.9
89.	194.3	203.6	213.8	225.2	237.7	251.5	266.7	283.4	301.8	321.8
90.	343.7	367.4	393.2	421.1	451.2	483.7	518.7	556.2	596.5	639.5
91.	685.9	734.5	786.7	842.1	901.1	963.9	1030.9	1102.3	1178.6	1260.0
92.	1346.9	1439.6	1538.4	1643.7	1755.6	1873.5	1996.8	2124.6	2256.2	2390.9
93.	2527.9	2666.6	2806.9	2948.7	3092.1	3237.1	3383.7	3531.8	3681.5	3832.8
94.	3985.7	4140.1	4296.1	4453.7	4612.8	4773.5	4935.9	5099.7	5265.2	5432.2
95.	5600.8	5770.9	5942.7	6116.0	6290.9	6467.3	6645.3	6824.9	7006.1	7188.9
96.	7373.2	7559.1	7746.6	7935.6	8126.2	8318.4	8512.1	8707.5	8904.4	9102.9
97.	9302.9	9504.5	9707.8	9912.5	10118.9	10326.8	10536.3	10747.4	10960.0	11174.2
98.	11390.0	11607.3	11826.3	12046.8	12268.9	12492.5	12717.7	12944.5	13172.9	13402.8
99.	13634.4	13867.4	14102.1	14338.3	14576.2	14815.5	15056.5	15299.0	15543.1	15788.8
100.	16036.1	16284.9	16535.3	16787.2	17040.8	17295.9	17552.6	17810.9	18070.7	18332.1
101.	18595.1	18859.6	19125.8	19393.5	19662.8	19933.6	20206.0	20480.0	20755.6	21032.7
102.	21311.5	21591.7	21873.6	22157.0	22442.0	22728.6	23016.8	23306.5	23597.8	23890.7
103.	24185.1	24481.1	24778.8	25077.9	25378.7	25680.9	25984.8	26290.3	26597.3	26905.9


COURBE DE TARAGE
STATION – 073301
H = 98
Q = 11,390
(Déterminé par la méthode aire - vitesse)
HAUTEUR D'EAU EN PIEDS
94
93
92
91
90
89
88
87
86
0
1,000
2,000
3,000
4,000
5,000
6,000
DÉBIT EN PIEDS CUBES PAR SECONDE
o Jaugeage
X Point pivot

ENREGISTREMENT DE LA COURBE DE TARAGE

SEUIL DE TERRE A 0.2 MI. EN AVAL DU BARRAGE CABONGA STATION NUMBER 40802

NOMBRE DE JAUGEAGES= 26 NOMBRE DE POINTS PIVOTS= 7

	ECART	DEBITS ET COURBURES AUX POINTS PIVOTS						
		1159.59	1160.50	1162.00	1162.90	1164.05	1165.80	1168.99
	662.799	16.9	170.0	1080.0	1990.0	2820.0	3980.0	6590.0
		326.9	326.9	505.1	-541.7	26.0	67.8	67.8

	AI	ECART	DEBIT	COURBURES					
		671.3	163.4	342.0	342.0	494.4	-539.2	25.5	67.9	67.9
		650.9	1069.1	326.3	326.3	526.7	-564.3	30.6	67.2	67.2
		650.3	1973.3	335.1	335.1	491.3	-502.7	2.6	70.9	70.9
		642.4	2836.1	338.9	338.9	476.4	-433.4	-69.3	89.7	89.7
		640.5	3999.6	338.8	338.8	476.9	-435.4	-57.3	81.1	81.1
		640.0	163.3	339.0	339.0	476.8	-435.7	-56.1	80.3	80.3
		636.2	1063.3	330.6	330.6	494.5	-449.5	-53.3	79.9	79.9
		636.0	1970.4	331.2	331.2	491.2	-443.3	-56.2	80.3	80.3
		635.8	2862.1	332.4	332.4	486.9	-425.7	-72.3	84.4	84.4
		635.8	4002.3	332.2	332.2	487.6	-430.5	-65.3	81.0	81.0
		634.7	162.8	333.2	333.2	486.8	-429.7	-67.4	82.3	82.3
		633.8	1060.1	327.7	327.7	498.6	-438.9	-65.5	82.0	82.0
		633.8	1970.4	329.5	329.5	493.1	-431.3	-68.6	82.5	82.5
		633.8	2862.1	328.8	328.8	495.8	-437.0	-65.2	81.8	81.8
		633.8	4002.3	326.9	328.9	495.5	-435.2	-67.6	82.8	82.6

NIVEAUX	1159.59	1160.50	1162.00	1162.90	1164.05	1165.80	1168.99
DEBITS	0.169166 02	0.162776 03	0.106016 04	0.197046 04	0.286216 04	0.400236 04	0.659006 04
COURBURES	0.328876 03	0.328876 03	0.495466 03	-0.435216 03	-0.675676 02	0.827656 02	0.827656 02

SENS DE TERRE A 0.2 MI. EN AVAL DU BARRAGE CABONGA STATION NUMERO 40902

NOMBRE DE JAUGEAGES= 28 NOMBRE DE POINTS PIVOTS= 7

No	NIVEAU	DEBIT CALCULE	DEBIT MESURE	ECART	ECART EN PRC.
1	1102.40	1522.65	1384.00	-138.65	-9.11
2	1102.93	1512.17	1405.00	-107.17	-7.09
3	1101.39	719.80	698.00	-21.80	-3.03
4	1100.32	112.26	94.00	-18.26	-16.27
5	1109.49	3794.23	3759.00	-35.23	-0.93
6	1102.98	2043.49	2066.00	22.51	1.10
7	1101.80	884.06	916.00	31.94	3.61
8	1100.89	309.69	304.00	-5.69	-1.84
9	1100.25	95.56	97.00	1.44	1.50
10	1100.35	119.44	127.00	7.06	5.89
11	1102.20	1418.15	1539.00	120.85	8.52
12	1103.83	2713.37	2859.00	145.63	5.37
13	1100.13	4229.98	4223.00	-6.98	-0.17
14	1107.31	5121.56	5203.00	81.44	1.59
15	1104.93	3432.03	3501.00	68.97	2.01
16	1100.20	84.58	88.00	3.42	4.04
17	1103.65	2615.32	2523.00	-92.52	-3.54
18	1103.70	2622.63	2587.00	-35.63	-1.36
19	1100.98	4482.50	4489.00	6.50	0.14
20	1105.20	3603.41	3578.00	-27.41	-0.76
21	1102.30	1355.98	1393.00	37.02	2.73
22	1100.39	4416.55	4387.17	-29.39	-0.67
23	1104.49	3150.04	3091.39	-58.65	-1.86
24	1103.20	2288.43	2302.68	14.25	0.62
25	1102.08	1751.53	1716.74	-34.79	-1.99
26	1102.17	1224.11	1273.60	49.48	4.04

ECART MOYEN= -0.29 QUADRATIQUE= 4.94 ABSOLU= 3.45 (POURCENTAGE) MOYENNE DES ECARTS= -0.83

NOMBRE D'ECARTS NEGATIFS 13 POSITIFS 13 SERIES 14

SEUIL DE TERRE A 0.2 MI. EN AVAL DU BARRAGE CABONGA STATION NUMERO 03072

NOMBRE DE JAUGEAGES= 26 NOMBRE DE POINTS PIVOTS= 7

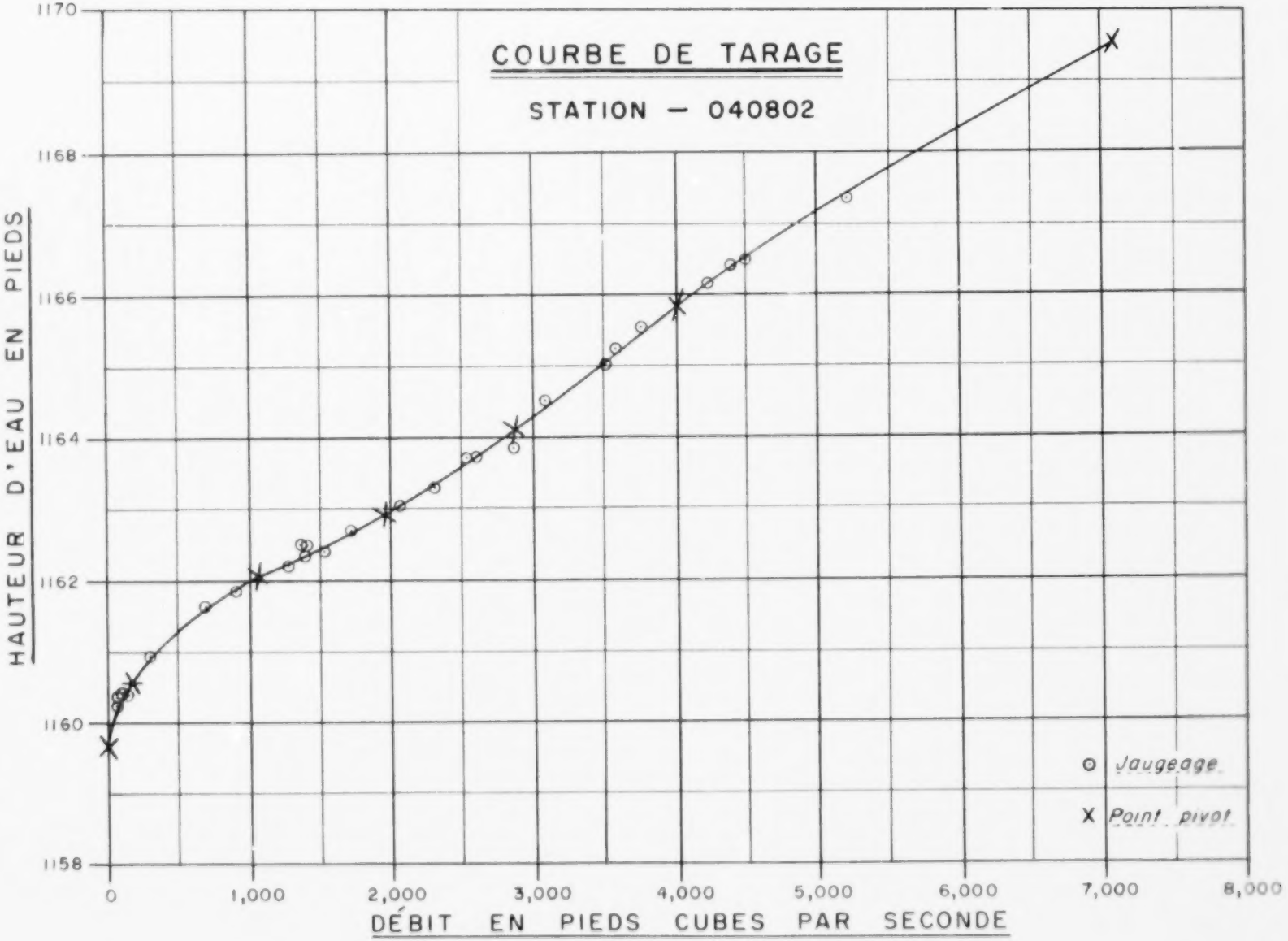
NO	NIVEAU	DEBIT MESURE	ECART EN POC.
	1159.59	16.91	
25	1160.20	88.00	4.09
23	1160.23	87.00	1.50
22	1160.36	94.00	-15.27
24	1160.33	107.00	5.89
	1160.50	101.77	
21	1160.69	369.00	-1.84
6	1161.39	698.00	-3.03
8A	1161.80	918.00	3.61
	1162.00	1060.09	
50	1162.17	1273.00	4.04
49	1162.30	1393.00	2.73
20	1162.36	1539.00	8.52
19	1162.49	1403.00	-7.09
48	1162.66	1384.00	-9.11
54	1162.68	1711.79	-1.99
	1162.90	1970.38	
55	1163.08	2069.00	1.10
53	1163.26	2302.00	0.62
45	1163.69	2523.00	-3.54
44	1163.70	2587.00	-1.36
17	1163.83	2859.00	5.37
	1164.05	2862.11	
52	1164.45	3091.35	-1.86
46	1164.93	3501.00	2.01
47	1165.20	3578.00	-0.76
43	1165.49	3759.00	-0.93
	1165.80	4002.28	
39	1166.13	4223.00	-0.17
41	1166.39	4387.17	-0.67
40	1166.48	4484.00	0.14
38	1167.31	5203.00	1.59
	1168.95	6590.00	

NOMBRE D'ECARTS NEGATIFS 13 POSITIFS 13 SERIES 13

SENS DE TERRE A 0.2 MI. EN AVAL DU BARRAGE CABONGA STATION NUMERO 40802

BAREME NIVEAU-DEBIT ENTRE LES COTES 1159.00 ET 1170.00

	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1159.	67.9	51.2	37.8	27.7	20.8	17.3	17.0	20.1	26.4	36.0
1160.	48.9	63.1	84.6	107.3	133.4	162.7	195.4	231.5	271.0	314.2
1161.	361.1	411.8	466.6	525.3	588.3	655.5	727.2	803.4	884.1	969.4
1162.	1060.1	1155.1	1254.2	1355.0	1459.9	1564.3	1668.8	1772.0	1872.7	1970.4
1163.	2063.5	2153.1	2238.8	2321.0	2400.3	2476.6	2550.7	2622.6	2692.6	2761.3
1164.	2828.8	2895.4	2961.4	3026.8	3091.8	3156.3	3220.7	3284.9	3348.8	3412.8
1165.	3476.5	3541.0	3605.4	3670.0	3735.2	3800.7	3866.9	3933.7	4001.2	4069.6
1166.	4138.5	4208.8	4279.7	4351.3	4423.8	4497.1	4571.3	4646.4	4722.1	4798.8
1167.	4876.3	4954.5	5033.7	5113.5	5194.4	5275.9	5358.4	5441.7	5525.7	5610.7
1168.	5696.5	5782.9	5870.4	5958.5	6047.7	6137.4	6228.2	6319.8	6412.1	6505.3
1169.	6599.4	6694.2	6789.9	6886.3	6983.7	7081.7	7180.8	7280.7	7381.2	7482.8


COURBE DE TARAGE
STATION — 040802
HAUTEUR D'EAU EN PIEDS
1170
1168
1166
1164
1162
1160
1158
0
1,000
2,000
3,000
4,000
5,000
6,000
7,000
8,000
DÉBIT EN PIEDS CUBES PAR SECONDE
o Jaugeage
X Point pivot